

УДК 539.8

**А. А. Шлыкова, В. А. Федоров*, А. В. Яковлев,
Т. Н. Плужникова, М. В. Бойцова, Д. Ю. Федотов**

Тамбовский государственный университет им. Г. Р. Державина, г. Тамбов

**fedorov@tsutmb.ru*

Научный руководитель — д-р физ.-мат. наук проф. *В. А. Федоров*

ФОРМИРОВАНИЕ СВОЙСТВ ПОВЕРХНОСТИ АМОРФНОГО СПЛАВА $Zr_{46}Cu_{36,8}Ag_{9,2}Al_8$ ПРИ ИМПЛАНТАЦИИ ИОНОВ АЗОТА И АРГОНА

В работе исследовано влияние ионной имплантации на свойства поверхности объемного аморфного металлического сплава на основе циркония. Ионная имплантация проводилась ионами газов азота и аргона. Модификация поверхности осуществлялась в двух режимах ионно-лучевой обработки с флюенсами $3 \cdot 10^{15}$ и $8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$. Выполнены фрактографические исследования поверхности и определен элементный состав. Предложена методика исследования коррозионных свойств.

Ключевые слова: ион, газ, флюенс, износостойкость, прочность, трибология.

**A. A. Shlykova, V. A. Fedorov, A. V. Yakovlev, T. N. Pluzhnikova,
M. V. Boitsova, D. Yu. Fedotov**

FORMATION SURFACE PROPERTIES OF AMORPHOUS ALLOYS $Zr_{46}Cu_{36.8}Ag_{9.2}Al_8$ IN IMPLANTATION OF NITROGEN AND ARGON ION

The effect of ion implantation on the surface properties of a bulk amorphous zirconium-based metal alloy is investigated. Ion implantation was carried out by ions of nitrogen and argon gases. Surface modification was carried out in two modes of ion-beam treatment with fluences of $3 \cdot 10^{15}$ and $8 \cdot 10^{16} \text{ cm}^{-2}$. Fractographic

studies of the surface were performed and the elemental composition was determined. A technique for studying corrosion properties is proposed.

Key words: ion, gas, fluence, wear resistance, strength, tribology.

Массивные металлические стекла (МС) на основе циркония подвержены точечной коррозии, которая может возникать на дефектах структуры. Одним из методов борьбы с ней является модифицирование поверхности аморфных сплавов различными видами энергетических воздействий: лазерное излучение различной длительности, ионная обработка, электронное облучение и другие, и последующее определение биологической коррозионной устойчивости обработанной поверхности к длительному воздействию биологических жидкостей.

Ионная имплантация является одним из важнейших способов модификации поверхностных слоев. При имплантации ионов аргона в металлические поверхности может происходить блистеринг. Ионы азота применяются для упрочнения поверхности стальных режущих инструментов. Имплантация этих ионов предотвращает образование трещин на поверхности металла и улучшает коррозионные и фрикционные свойства стали. Последние свойства важны в медицине при изготовлении протезов и имплантов. Исследование механических свойств поверхности, объемных МС, подвергнутых ионной имплантации, является актуальным направлением прикладных и фундаментальных исследований.

В работе исследовано влияние ионной имплантации ионами азота и аргона на поверхность сплава $Zr_{46}Cu_{36,8}Ag_{9,2}Al_8$. Ионная имплантация проводилась универсальным источником широкого ионного пучка «Пион»/«Пульсар», обеспечивающего ионную обработку как в непрерывном, так и в импульсно-периодическом режимах генерации. Площадь сечения ионного пучка составляет около 100 см^2 . Модификация поверхности проводилась двумя режимами ионно-лучевой обработки ионами газа с энергией 15 кэВ с различными флюенсами $3 \cdot 10^{15}$ и $8 \cdot 10^{16} \text{ см}^{-2}$, частотой повторения импульсов 10 Гц и 200 Гц, средний ток пучка 0,5 мА и 10 мА, соответственно. Средняя длительность обработки 117 и 97 с.

Фрактографические исследования показали наличие на поверхности МС блистеринга, при котором происходит разрушение поверхности. Он определяется целой совокупностью процессов, проходящих

в поверхностном слое под облучением: внедрение ионов, образование простых дефектов и т. д. В независимости от режимов на поверхности наблюдается образование некой упорядоченной структуры, возможно субзеренной, которая может быть ответственна за получение материалов с новыми свойствами. Например, описанная модификация поверхности может привести к улучшению ее изностойкости. Исследован элементный состав поверхности сплава. Отмечено изменение соотношения основных элементов в поверхностном слое. Проникновение ионов азота в приповерхностный слой облучаемого материала приводит к образованию нитридных фаз металлов, входящих в состав исследуемых образцов, способствующих увеличению предела текучести, и, как следствие, увеличению микротвердости и прочности. Предложена методика исследования коррозионных свойств сплава в биологических жидкостях при длительном воздействии среды и средней температуре 310 К.

*Работа выполнена при финансовой поддержке РФФИ
(грант № 19–42–680001 p_a).*